

устойчивости горной породы забоя при работе бурового долота: уменьшают коэффициент сжимаемости дисперсионной среды бурового раствора, способствуют возникновению адсорбционных слоев на поверхности разрушающихся минералов,

обладающих большим сопротивлением сжатию и малым — сдвигу. Стимулируя таким образом разрушение горной породы на забое скважины, мы одновременно провоцируем возникновение сдвиговой неустойчивости горных пород стенки скважины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ребиндер П.А., Шукин Е.Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформирования и разрушения // Успехи физических наук. — 1972. — Т. 108. — № 1. — С. 3–42.
2. Бартенев Г.М. Сверхпрочные и высокопрочные неорганические стекла. — М.: Стройиздат, 1974. — 240 с.
3. Евсеев В.Д., Яворович Л.В. Современное состояние проблемы оценки напряженного состояния горных пород по параметрам электромагнитной эмиссии // Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства: Матер. Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Б.Д. Васильев, И.В. Гончаров. — Томск: Изд-во ТПУ, 2001. — С. 78–86.
4. Евсеев В.Д. Природа эффекта Ребиндера при разрушении неорганических диэлектриков и электрокогезионные явления // Известия вузов. Физика. — 1985. — Т. 28. — № 2. — С. 29–35.
5. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород: 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1984. — 359 с.
6. Адамчевский И. Электрическая проводимость жидких диэлектриков / под ред. Г.С. Кучинского. — Л.: Энергия, 1972. — 295 с.
7. Кузнецов А.Я. К вопросу о поверхностной электропроводности стекол во влажной атмосфере // Журнал физической химии. — 1953. — Т. 27. — № 5. — С. 657–661.
8. Гуткин Н.Г., Евстропьев К.С., Кузнецов А.Я. Поверхностная электропроводность стекол во влажной атмосфере // Журнал технической физики. — 1952. — Т. 22. — № 8. — С. 1313–1324.
9. Асланова М.С. Современные воззрения на прочность стеклянного волокна. — М.: ВИНТИ, 1965. — 32 с.
10. Китайгородский И.И., Копытов Л.Н. Влияние среды на возникновение и развитие поверхностных микрощелей деформируемого стекла // Доклады АН СССР. — 1963. — Т. 149. — № 3. — С. 580–582.
11. Vonnegut B., Glathat J.L. The effect of temperature on the strength and fatigue of glass rods // J. Appl. Phys. — 1946. — V. 17. — № 12. — P. 1082–1085.
12. Берденников В.П. Измерение поверхностного натяжения твердых тел // Журнал физической химии. — 1934. — Т. 5. — № 2–3. — С. 358–371.
13. Давыдова Р.И., Дембицкий С.И. К оценке влияния компонентного состава промывочных жидкостей на ее электропроводность // Промывка и крепление скважин: Межвуз. научнотематич. сб. — Уфа: Изд-во Уфимс. нефт. ин-та, 1987. — С. 30–33.

Поступила 29.04.2010 г.

УДК 622.243

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ПРИ РАЗВЕДКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

С.Я. Рябчиков, Р.Е. Важанин

Томский политехнический университет  
E-mail: kafedrabs@mail.ru

*Исследовано влияние различных типов промывочной жидкости на механическую скорость бурения скважин при разведке угольных месторождений Кузбасса. Показана связь химического состава промывочных жидкостей с эффективностью бурения. Определена оптимальная область применения различных типов алмазного породоразрушающего инструмента при бурении скважин в различных геолого-технических условиях.*

#### Ключевые слова:

*Бурение скважин, промывочная жидкость, механическая скорость, алмазная коронка.*

#### Key words:

*Well drilling, drilling mud, penetration speed, diamond core bit.*

В настоящее время конкурентоспособность геологического предприятия во многом зависит от качества, стоимости и сроков выполнения разведочных работ, поэтому вопросы улучшения указанных показателей путем совершенствования технологии бурения имеют постоянную актуальность [1]. Немаловажную роль при бурении скважин играет выбор типа породоразрушающего инстру-

мента (ПРИ) и промывочной жидкости. Их рациональное использование позволяет существенно повысить технико-экономические показатели при сооружении скважин. В настоящей работе приведены результаты исследований влияния различных типов промывочной жидкости и алмазных коронок на механическую скорость бурения, полученные в последние годы на объектах ООО «БЕЛОНГЕОЛО-

ГИЯ» при разведке угольных месторождений Кузбасса.

Рациональные условия применения различных видов очистных агентов зависят от их состава и технологических свойств, которые в свою очередь определяются составом и свойствами перебуриваемых горных пород, возможными осложнениями при бурении, видом и составом подземных вод, пластовым давлением и другими факторами. В процессе исследований применялись пять различных типов промывочных жидкостей: техническая вода; глинистый раствор без обработки химическими реагентами (40...50 кг бентонита на 1 м<sup>3</sup>); глинистый раствор с добавлением карбоксиметилцелюлозы (КМЦ) (40...50 кг бентонита, 0,4...0,8 кг КМЦ на 1 м<sup>3</sup>); полимерный раствор (0,2...0,3 кг полиакриламида на 1 м<sup>3</sup>); полимерэмульсионный раствор (0,2 кг полиакриламида и 3 кг «Ленол-10» на 1 м<sup>3</sup>). Для контроля свойств промывочных жидкостей измерялся целый ряд их параметров (плотность, условная вязкость, водоотдача, статическое напряжение сдвига и др.), которые определяют соответствие исследуемых жидкостей условиям бурения скважин. Количественная оценка влияния различных типов промывочных жидкостей на механическую скорость бурения при проходке скважин по наиболее часто встречающимся горным породам Кузбасса приведена в табл. 1, из которой видно, что лучшие результаты получены при использовании полимерэмульсионного раствора. Средняя механическая скорость бурения с этой жидкостью для различных горных пород оказалась в 1,5...2 раза выше по сравнению с другими жидкостями.

**Таблица 1.** Средняя механическая скорость бурения коронками серии NQ-2 при бурении с различными типами промывочной жидкости, м/ч

Горная порода	Тип промывочной жидкости				
	Техническая вода	Глинистый раствор	Глинистый раствор с КМЦ	Полимерный раствор	Полимерэмульсионный раствор
Растительный слой	15,5	19,0	17,2	12,1	27,1
Алеврит мелкозернистый	5,6	9,3	9,1	7,5	11,2
Алеврит крупнозернистый	7,4	6,4	7,5	6,4	10,6
Песчаник	9,1	8,2	6,2	8,8	13,0

Полимерэмульсионный раствор обладает хорошей смазывающей способностью за счет наличия в ней эмульсола «Ленол-10», который имеет хорошую дисперсность и стабильность, что позволяет применять его в воде с любой жесткостью. Наличие в растворе полиакриламида обеспечивает лучший вынос шлама, эффективную очистку забоя скважины от продуктов разрушения, и, как следствие, увеличение механической скорости бурения и проходки на коронку. Однако его применение ограничивается только монолитными и слабо трещиноватыми горными породами, при проходке которых отсутствуют потери промывочной жидкости или

приток грунтовой воды в скважину. Для бурения по сильно трещиноватым или нарушенным породам, где наблюдаются значительные утечки промывочной жидкости, необходимо рекомендовать применение глинистых растворов, приготовленных из качественной глины с добавлением КМЦ, которые за счёт малой водоотдачи (не более 5...7 см<sup>3</sup> за 30 мин) и хороших структурных показателей обеспечивают создание на стенках скважины прочной глинистой корки, снижение утечек промывочной жидкости или даже их полное прекращение.

Известно [2, 3], что эффективность бурения глубоких скважин, особенно в крепких горных породах, в значительной степени определяется эксплуатационными показателями ПРИ, важнейшим из которых является его ресурс (проходка на коронку). Повышение этого показателя способствует сокращению затрат времени на непроизводительные операции, увеличению непрерывности рабочего процесса, снижению энергозатрат и материальных затрат на сооружение скважин. Недостаточный ресурс ПРИ ограничивает рост производительности и снижение стоимости буровых работ [4]. Поэтому теоретические и экспериментальные исследования новых технологических процессов, обеспечивающих высокие эксплуатационные показатели современного ПРИ, являются весьма перспективным направлением работ по совершенствованию технологии бурения разведочных скважин.

В процессе исследований, выполненных при разведке угольных месторождений в Кузбассе, обрабатывались следующие типы алмазных коронок:

- Boart Longyear серии AlphaBit;
- Boart Longyear серии AlphaStage;
- СВ производства ТулНИГП;
- Boart Longyear, содержащие термически стабильные алмазы типа TSD;
- Boart Longyear с увеличенной высотой матрицы и площадью промывочных окон серии Alpha Stage;
- коронки, произведенные фирмами Atlas Copco и ООО «ТерекАлмаз»).

Перечисленные коронки являются импрегнированными, позволяющими бурить скважины в горных породах от 7...9 до 10...12 категорий по буримости. Импортные коронки имеют довольно высокую стоимость от 12 до 60 тыс. р (цены на 01.01.2010 г.). Весь испытываемый инструмент относится к типоразмеру «N» с диаметром 75,6 мм.

Сравнительные испытания коронок проводились с целью определения средней механической скорости бурения и проходки на коронку при одинаковых режимных параметрах (частота вращения ПРИ – 1250 об/мин, осевая нагрузка – 1300...1700 кгс, интенсивность промывки – 40...60 л/мин). Обработка коронок производилась на плановых скважинах и сопровождалась круглосуточном хронометражем. Все результаты испытаний заносились в разработанные для этих исследований хронокарты. В процессе исследований фиксировалась

**Таблица 2.** Средняя механическая скорость бурения по наиболее часто встречающимся горным породам в Кузбассе при использовании коронок различных типов, м/ч

Горная порода	Тип (числитель) / Количество (знаменатель) коронок						
	AlphaBit NQ-2	AlphaBit NQ-7	ТулНИГП СВ-3	ТулНИГП СВ-4	TSD	AlphaStage NQ-6	AlphaStage NQ-7
	10	11	5	5	5	4	4
Алеврит мелкозернистый	9,0	8,4	8,7	7,3	9,3	8,6	10,0
Алеврит крупнозернистый	7,4	7,3	7,0	4,0	6,1	7,2	6,8
Песчаник	8,9	9,6	8,4	9,8	8,8	10,3	9,8

следующая информация: номер скважины и её конструкция, глубина бурения, проходка за рейс, время бурения, режимные параметры (осевая нагрузка, частота вращения, интенсивность промывки), вид промывочной жидкости и её параметры, название и категория горных пород, причина снятия коронки с эксплуатации. Результаты испытаний для различных типов ПРИ, приведенные в табл. 2, 3, обрабатывались методами математической статистики в соответствии с «Методическими указаниями по определению объёмов и оценки результатов испытаний породоразрушающего инструмента» [5] по показателям: «углубка на коронку», «углубка за рейс», «механическая скорость бурения».

Как видно из табл. 2, исследуемый ПРИ показал приблизительно одинаковую механическую скорость бурения. Однако коронки серии AlphaStage оказались более надёжными в эксплуатации. Имея рациональные конструктивные особенности (увеличенная площадь промывочных окон, ступенчатая форма торца матрицы), они позволили существенно снизить число аварий, связанных с прижогом ПРИ, что в свою очередь, повысило время на чистое бурение.

В табл. 3 представлены результаты испытаний тех же типов алмазных коронок, проведенных с целью получения сравнительной количественной оценки по показателю «проходка на коронку». Из табл. 3 следует, что наибольшая проходка (919,6 м) получена на коронку типа СВ-4 производства ТулНИГП. Анализ результатов испытаний, приведенных в табл. 2 и 3, позволяет предположить, что данный тип коронок лучшим образом соответствует условиям бурения скважин при разведке угольных месторождений Кузбасса. Коронки серии AlphaStage показали по средней проходке на ко-

ронку также достаточно высокие результаты, сопоставимые с СВ-4, что позволяет рекомендовать и их в качестве одного из основных типов ПРИ для бурения разведочных скважин в Кузбассе. Однако необходимо помнить о том, что по стоимости их расхода на метр бурения коронки производства ТулНИГП дешевле почти в 2 раза.

Таким образом, коронки отечественного производителя – ТулНИГП могут на равных конкурировать с лучшими зарубежными образцами, а учитывая их меньшую стоимость, являются оптимальным решением проблемы при выборе ПРИ для конкретных геолого-технических условий Кузбасса. Полученные результаты и сформулированные рекомендации хорошо согласуются с работами ТулНИГП, выполнившими аналогичные сравнительные испытания в других геолого-технических условиях на объектах ГРЭ «Бурятзолоторазведка» и ОАО «Кольский горно-металлургический комбинат» [6]. Проведенные здесь испытания алмазных коронок производства ТулНИГП, изготовленных по новым технологиям [1], показали, что они по эффективности значительно превосходят ПРИ других отечественных производителей, а также инструмент известных зарубежных фирм. Данные испытания проводились впервые в отечественной практике алмазного бурения в идентичных условиях и сопоставлялись не рекламные, а реальные результаты.

Испытание коронок фирмы Atlas Copco и ТерекАлмаз показали достаточно низкие результаты по проходке на коронку (Atlas Copco – 56 м, ТерекАлмаз – 42 м), что не позволяет рекомендовать их к широкому использованию при бурении скважин в условиях Кузбасса.

Приведенные выше результаты исследований могут быть использованы в производственных и

**Таблица 3.** Средняя проходка на алмазную коронку при бурении по наиболее часто встречающимся горным породам Кузбасса, м

Показатели	Тип (числитель) / Количество (знаменатель) коронок						
	AlphaBit NQ-2	AlphaBit NQ-7	ТулНИГП СВ-3	ТулНИГП СВ-4	TSD	AlphaStage NQ-6	AlphaStage NQ-7
	10	11	5	5	5	4	4
Проходка на коронку, м	355,5	261,9	320,1	919,6	280,2	402,3	336,1
Режимные параметры бурения	Осевая нагрузка: 1300...1700 кгс; частота вращения: 1250 об/мин; интенсивность промывки: 40...60 л/мин						

проектных организациях при разработке технологии бурения разведочных скважин и выборе породоразрушающего инструмента. Однако более корректное определение оптимальной области применения различных типов ПРИ для условий Кузбасса в дальнейшем необходимо тесно увязывать с физико-механическими характеристиками разруша-

емых горных пород (прочность, упругость, твёрдость, абразивность, трещиноватость и т. д.). То есть, для обеспечения эффективного процесса разрушения горных пород в конкретных геолого-технических условиях необходимо знать их механические свойства и в соответствии с ними подбирать породоразрушающий инструмент.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будюков Ю.Е., Власюк В.И., Рябчиков С.Я. и др. Новые технологии в создании и использовании алмазного породоразрушающего инструмента. — М.: Геоинформмарк, 2002. — 136 с.
2. Сердюк Н.И., Куликов В.В., Тунгусов А.А. и др. Бурение скважин различного назначения. — М.: Изд-во РГГРУ, 2006. — 615 с.
3. Будюков Ю.Е., Власюк В.И., Спирин В.И. Алмазный породоразрушающий инструмент. — Тула: Изд-во ИПП «Гриф и К», 2005. — 288 с.
4. Рябчиков С.Я., Мамонтов А.П., Власюк В.И. Повышение работоспособности породоразрушающего инструмента методами криогенной обработки и радиационного облучения. — М.: Геоинформмарк, 2001. — 90 с.
5. Рожков В.П. Методические указания к обработке статистического материала при проведении научных исследований. — Томск: Изд-во ТПУ, 1987. — 24 с.
6. Власюк В.И., Спирин В.И. Создание и реализация высокоэффективного алмазного бурового инструмента в современных условиях // Проблемы научно-технического прогресса в бурении скважин: Сб. докл. Междун. научно-техн. конф. — Томск, 2004. — С. 48–55.

*Поступила 27.04.2010 г.*